

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-296566

(43)Date of publication of application : 29.10.1999

(51)Int.Cl.

G06F 17/50

(21)Application number : 10-097290

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 09.04.1998

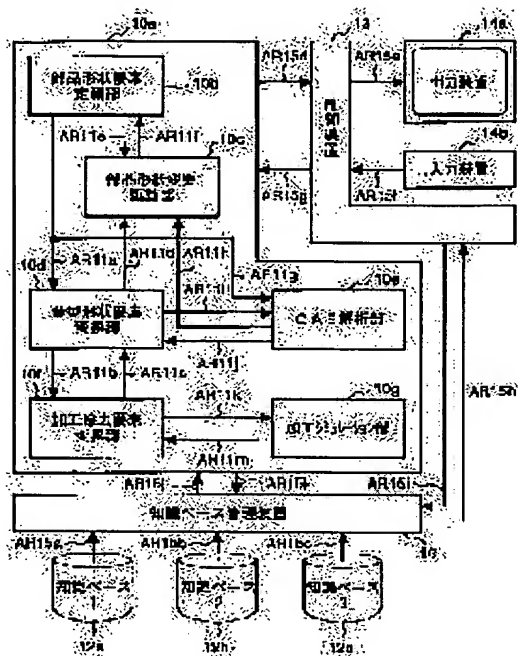
(72)Inventor : TAMAOKI KENJI  
ONOUKA HIDEAKI

## (54) CAD SYSTEM DEVICE AND PRODUCT DESIGNING METHOD BY CAD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently design a variety of parts by a CAD system by defining a component by division into shape elements and automatically correcting the shape by the shape elements.

**SOLUTION:** The shape of the parts is defined by a combination of the shape elements, shape restriction rules for the shape elements is entered into knowledge bases 12a to 12c, and a knowledge base to be applied is selected from the knowledge bases 12a to 12c; and a shape element relating to a selected shape element is retrieved, a retrieved shape restriction rule is matched against the data of a current shape element to perform shape inspection, and if its shape restriction rule is not held, the data of the shape element is automatically corrected. For knowledge bases 12a to 12c regarding productivity, a metallic mold and conditions of its machining are fed back for the correction of the shape element.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-296566

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 F 17/50

識別記号

F I

G 0 6 F 15/60

6 0 4 H

6 2 8 Z

6 8 0 C

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平10-97290

(22) 出願日 平成10年(1998) 4 月 9 日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 玉置 研二

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 小野塚 英明

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外 1 名)

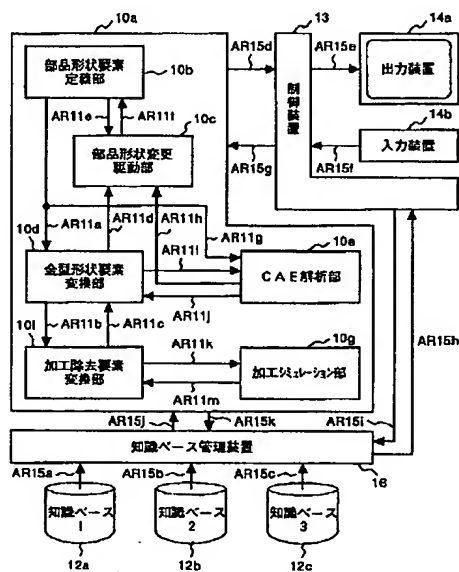
(54) 【発明の名称】 CADシステム装置およびCADによる製品設計方法

(57) 【要約】

【課題】 CADシステムにより、部品を設計するにあたり、部品を形状要素に分解して定義し、その形状要素ごとに、形状修正を自動的におこなって、多様な部品を効率的に設計することのできるようにする。

【解決手段】 部品の形状を、形状要素の組み合わせによって定義して、知識ベースには、形状要素に対する形状制約ルールを記載し、複数の知識ベースから適用する知識ベースを選択して、選択された形状要素に関連する形状要素を検索して、検索された形状制約ルールと、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこなって、その形状制約ルールに違反している場合には、自動的にその形状要素のデータを修正する。また、製造性に関する知識ベースのときには、金型とその加工のときの条件を、形状要素の修正にフィードバックする。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 部品の設計をおこなう C A D (Computer Aided Design) システム装置において、  
 入力装置と、  
 出力装置と、  
 一つ以上の知識ベースと、  
 それらの知識ベースを管理する知識ベース管理装置と、  
 形状要素のデータを修正する形状操作装置とを備え、  
 前記部品の形状を、形状要素の組み合わせによって定義して、  
 また、前記知識ベースには、定義された形状要素に対する形状に関する制約として、形状制約ルールが記載されていて、  
 前記知識ベース管理装置は、  
 前記部品の形状要素の一つを前記入力装置により選択されると、  
 その形状要素に関連した知識ベースの一覧を、前記出力装置上に表示して、  
 表示された前記知識ベース一覧の中から、一つだけ、あるいは複数の知識ベースが選択されると、  
 前記知識ベース管理装置は、選択された形状要素に関連する形状制約ルールを検索して、  
 前記形状操作装置は、その検索された形状制約ルールと、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、  
 その形状制約ルールに違反している場合には、自動的にその形状要素のデータを修正することを特徴とする C A D システム装置。  
 【請求項 2】 その形状要素に関連あるものとして、検索された形状制約ルールを、前記出力装置上に、形状制約ルール候補一覧として表示して、  
 表示された前記形状制約ルールが、前記入力装置により選択されると、  
 前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうことを特徴とする請求項 1 記載の C A D システム装置。  
 【請求項 3】 前記形状要素の選択をおこなわずに、前記入力装置より、一括形状検査コマンドを入力すると、  
 設計対象となる形状要素のすべてに対して、  
 前記知識ベースは、選択された知識ベースの中から、関連する形状制約ルールを検索して、  
 前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうことを特徴とする請求項 1 記載の C A D システム装置。  
 【請求項 4】 請求項 3 記載の一括形状コマンドを入力して、その部品のすべての形状要素に対して、形状検査と自動修正する機能と、

請求項 2 記載のある形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示して、  
 表示された前記形状制約ルールが、前記入力装置により選択されると、  
 前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、形状検査と自動修正する機能との両者を併せ持つことを特徴とする請求項 1 記載の C A D システム装置。

【請求項 5】 前記出力装置上に、前記形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示するのを、  
 形状要素に関連する設計基準の形式で表示することを特徴とする請求項 2 および請求項 4 記載のいずれかの C A D システム装置。

【請求項 6】 複数の知識ベースの適用を選択したときに、  
 適用された各々の形状修正の結果が矛盾するときには、その矛盾情報を、前記出力装置上に表示することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 記載のいずれかの C A D システム装置。

【請求項 7】 前記入力装置により、選択された知識ベースの解除、または、復帰コマンドを入力すると、  
 形状要素データを修正前のデータに戻す復帰機能を有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 記載のいずれかの C A D システム装置。

【請求項 8】 前記知識ベースに、製造性に関するものを含むことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 記載のいずれかの C A D システム装置。

【請求項 9】 前記製造性に関する知識ベースが選択されたときに、  
 前記出力装置上に、加工方法、あるいは、加工手順の一覧を表示し、  
 その加工方法、加工手順が選択されると、  
 前記製造性に関する知識ベースの中から、その選択に適合するような形状制約ルールを適用することを特徴とする請求項 8 記載の C A D システム装置。

【請求項 10】 さらに、C A E (Computer Aided Engineering) 解析システムを有し、  
 検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、  
 この C A E (Computer Aided Engineering) 解析システムにより、C A E 解析をおこなって、あらたな形状制約ルールを得ることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 記載のいずれかの C A D システム装置。

【請求項 11】 さらに、加工シミュレータシステムを有し、  
 検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、  
 この加工シミュレータシステムにより、加工シミュレーションをおこなって、あらたな形状制約ルールを得るこ

とを特徴とする請求項 8 および請求項 9 記載のいずれかの CAD システム装置。

【請求項 12】 さらに、部品の形状要素のデータを定義する部品形状要素定義部と、その部品の形状要素を作るための金型の形状要素を定義するための金型形状要素データ生成部と、金型を加工するときの加工除去要素データを生成するための加工除去要素データ生成部とを有し、その形状要素を生成するための金型に関する形状制約ルールを用いて、金型の形状修正データを生成し、金型の加工除去処理をするときの形状制約ルールを用いて、加工除去要素データを生成し、最終的に、これらのデータを参照して、形状要素の修正データを生成することを特徴とする請求項 8、請求項 9、および、請求項 11 記載のいずれかの CAD システム装置。

【請求項 13】 前記知識ベースが一つしかないときには、形状検査のために適用する知識ベースの選択をさせる処理を省き、知識ベースが複数あり、ユーザプロファイルとして、ユーザごとに対応する知識ベースが定義されているときには、その対応する知識ベースを形状検査のための知識ベースとすることを特徴とする請求項 11 ないし請求項 12 記載のいずれかの CAD システム装置。

【請求項 14】 部品の設計をおこなう CAD による製品設計方法において、この CAD による製品設計方法に用いる CAD システム装置は、入力装置と、出力装置と、一つ以上の知識ベースと、それらの知識ベースを管理する知識ベース管理装置と、形状要素のデータを修正する形状操作装置とを備え、前記部品の形状を、形状要素の組み合わせによって定義して、また、前記知識ベースには、定義された形状要素に対する形状に関する制約として、形状制約ルールが記載されていて、前記知識ベース管理装置は、前記部品の形状要素の一つを前記入力装置により選択されると、その形状要素に関連した知識ベースの一覧を、前記出力装置上に表示して、表示された前記知識ベース一覧の中から、一つだけ、あるいは複数の知識ベースが選択されると、前記知識ベース管理装置は、選択された形状要素に関連する形状制約ルールを検索して、前記形状操作装置は、その検索された形状制約ルールと、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をお

こない、

その形状制約ルールに違反している場合には、自動的にその形状要素のデータを修正することを特徴とする CAD による製品設計方法。

【請求項 15】 その形状要素に関連あるものとして、検索された形状制約ルールを、前記出力装置上に、形状制約ルール候補一覧として表示して、表示された前記形状制約ルールが、前記入力装置により選択されると、

10 前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうことを特徴とする請求項 14 記載の CAD による製品設計方法。

【請求項 16】 前記形状要素の選択をおこなわずに、前記入力装置より、一括形状検査コマンドを入力すると、

設計対象となる形状要素のすべてに対して、前記知識ベースは、選択された知識ベースの中から、関連する形状制約ルールを検索して、

20 前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうことを特徴とする請求項 14 記載の CAD による製品設計方法。

【請求項 17】 請求項 16 記載の一括形状コマンドを入力して、その部品のすべての形状要素に対して、形状検査と自動修正する機能と、

30 請求項 15 記載のある形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示して、表示された前記形状制約ルールが、前記入力装置により選択されると、

前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、形状検査と自動修正する機能との両者を併せ持つことを特徴とする請求項 14 記載の CAD による製品設計方法。

【請求項 18】 前記出力装置上に、前記形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示するのを、

40 形状要素に関連する設計基準の形式で表示することを特徴とする請求項 15 および請求項 17 記載のいずれかの CAD による製品設計方法。

【請求項 19】 複数の知識ベースの適用を選択したときに、

適用された各々の形状修正の結果が矛盾するときには、その矛盾情報を、前記出力装置上に表示することを特徴とする請求項 14 ないし請求項 18 記載のいずれかの CAD による製品設計方法。

【請求項 20】 前記入力装置により、選択された知識ベースの解除、または、復帰コマンドを入力すると、形状要素データを修正前のデータに戻す復帰機能を有することを特徴とする請求項 14 ないし請求項 19 記載の

いずれかのCADによる製品設計方法。

【請求項 21】 前記知識ベースに、製造性に関するものを含むことを特徴とする請求項 14 ないし請求項 20 記載のいずれかのCADによる製品設計方法。

【請求項 22】 前記製造性に関する知識ベースが選択されたときに、

前記出力装置上に、加工方法、あるいは、加工手順の一覧を表示し、

その加工方法、加工手順が選択されると、

前記製造性に関する知識ベースの中から、その選択に適合するような形状制約ルールを適用することとを特徴とする請求項 21 記載のCADによる製品設計方法。

【請求項 23】 このCADシステム装置は、さらに、CAE (Computer Aided Engineering) 解析システムを有し、

検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、

このCAE (Computer Aided Engineering) 解析システムにより、CAE 解析をおこなって、あらたな形状制約ルールを得ることを特徴とする請求項 14 ないし請求項 22 記載のいずれかのCADによる製品設計方法。

【請求項 24】 このCADシステム装置は、さらに、加工シミュレータシステムを有し、

検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、

この加工シミュレータシステムにより、加工シミュレーションをおこなって、あらたな形状制約ルールを得ることを特徴とする請求項 21 および請求項 22 記載のいずれかのCADによる製品設計方法。

【請求項 25】 形状検査に用いる知識ベースが、製造性に関するものが選択されたときに、(1) 製造性に関する詳細条件を入力するステップ、(2) 形状要素データと、その形状要素データを生成するための金型の形状要素データを生成するステップ、(3) 前記形状要素データと、前記(2)のステップで生成された金型の形状要素データと、加工にあたっての制約条件を参照して、前記(2)のステップで生成された金型を加工するための加工除去要素データを生成するステップ、(4) 前記(2)のステップの金型の形状要素データと、前記(3)のステップの加工除去要素データとを、前記形状要素データにフィードバックさせ、形状要素データを修正するステップとを有し、

形状検査のときには、この(1)ないし(4)のステップをこの順におこなうことを特徴とする請求項 21、請求項 22、および、請求項 24 記載のいずれかのCADによる製品設計方法。

【請求項 26】 前記知識ベースが一つしかないときには、形状検査のために適用する知識ベースの選択をさせる処理を省き、

知識ベースが複数あり、ユーザプロファイルとして、ユ

ーザごとに対応する知識ベースが定義されているときには、

その対応する知識ベースを形状検査のための知識ベースとすることを特徴とする請求項 14 ないし請求項 25 記載のいずれかのCADによる製品設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、CADシステム装置およびCADによる製品設計方法に係り、適用機能ごとに分けられた複数の知識ベースを持ち、その知識ベースに基づいて設計部品の形状を自動的に修正し、設計効率をあげるために好適なCADシステム装置およびCADによる製品設計方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、コンピュータにより、部品を設計したり部品の金型を設計するCADシステムが、設計の合理化、設計労力の軽減という観点から広く用いられてきている。CADシステムの構成としては、設計対象に関する知識を知識ベースとして蓄え、それに基づいて設計を進めるという技術が知られている。このような知識ベースを利用した設計システムとしては、(1)特開平6-162150号公報の「金型設計評価システム」に開示されているように、ベテランの設計者の経験と知識をプロダクションルールとしてルールベースに蓄積しておき、そのルールに従って最適な金型設計をおこなうことのできる金型設計評価システムがある。

【0003】また、他の公知例として、(2)特開平7-271848号公報の「金型の製作方法」に開示されているように、金型修正データベースを構築しておき、新規の金型設計製作の際に参照することで迅速に金型を製作する方法がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術(1)は、金型を設計対象にして、加工費や加工の難易度を考慮に入れた知識ベースに基づいて評価し、ベテラン設計者でなくても金型設計に評価を下せるようにしている。この上記従来技術(1)は、知識ベースに基づいて金型自体の部品の形状を直接に自動修正するものではなく、また金型が成形する部品の設計形状を直接に自動修正するものではない。

【0005】また、上記従来技術(2)は、新規の金型を迅速に製作するために、金型製作の不具合に係わる過去のデータをデータベース化しておいて、それを新規の金型の製作に利用するようにしている。この上記従来技術(2)も、金型の不具合に対する対策データを提供するもので金型が成形する部品の設計形状を直接に自動修正するものではない。

【0006】これら上記従来技術(1)、(2)のように、一般に、従来の設計知識ベースを組み込んだCADシステムは、設計した製品のある尺度での評価値を計算

したり、評価した結果発見した不具合に対して対策案を提供する機能を有しているものはあったが、不具合を解消するために知識ベースに基づいて直接に設計形状を修正する汎用的な機能を持つものは無かった。

【0007】そのため、部品や金型の形状評価はできても、それから先の設計は、人手でやらなければならない労力がかかりがちであるという問題点があった。

【0008】設計対象となる部品形状の自動修正を実現するためには、その部品の満たすべき条件を知識ベースに蓄え、その知識ベースを用いて部品形状の自動修正をするというシステムを構築することは可能である。

【0009】しかしながら、この方法では、部品一つに対して、一つの条件を設定しなければならず、条件が爆発的に増大するのを防ぐために部品のバリエーションも制限されがちになり、新規の部品に対しては、あらたに、条件を設定しなければならないという問題点があった。

【0010】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、その目的は、CADシステムにより、部品を設計するにあたり、部品を形状要素に分解して定義し、その形状要素ごとに、形状修正を自動的におこなえるようにすることにより、多様な部品を効率的に設計することのできるCADシステム装置およびCADによる製品設計方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のCADシステム装置に係る発明の構成は、部品の設計をおこなうCAD (Computer Aided Design) システム装置において、入力装置と、出力装置と、一つ以上の知識ベースと、それらの知識ベースを管理する知識ベース管理装置と、形状要素のデータを修正する形状操作装置とを備え、前記部品の形状を、形状要素の組み合わせによって定義して、また、前記知識ベースには、定義された形状要素に対する形状に関する制約として、形状制約ルールが記載されていて、前記知識ベース管理装置は、前記部品の形状要素の一つを前記入力装置により選択されると、その形状要素に関連した知識ベースの一覧を、前記出力装置上に表示して、表示された前記知識ベース一覧の中から、一つだけ、あるいは複数の知識ベースが選択されると、前記知識ベース管理装置は、選択された形状要素に関連する形状制約ルールを検索して、前記形状操作装置は、その検索された形状制約ルールと、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その形状制約ルールに違反している場合には、自動的にその形状要素のデータを修正するようにしたものである。

【0012】より詳しくは、上記CADシステム装置において、その形状要素に関連あるものとして、検索された形状制約ルールを、前記出力装置上に、形状制約ルール候補一覧として表示して、表示された前記形状制約ル

ールが、前記入力装置により選択されると、前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうようにしたものである。

【0013】また詳しくは、上記CADシステム装置において、前記形状要素の選択をおこなわずに、前記入力装置より、一括形状検査コマンドを入力すると、設計対象となる形状要素のすべてに対して、前記知識ベースは、選択された知識ベースの中から、関連する形状制約ルールを検索して、前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうようにしたものである。

【0014】さらに詳しくは、上記CADシステム装置において、上記一括形状コマンドを入力して、その部品のすべての形状要素に対して、形状検査と自動修正する機能と、上記のように、ある形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示して、表示された前記形状制約ルールが、前記入力装置により選択されると、前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、形状検査と自動修正する機能との両者を併せ持つようにしたものである。

【0015】また、表示に関して詳しくは、上記CADシステム装置において、前記出力装置上に、前記形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示するのを、形状要素に関連する設計基準の形式で表示するようにしたものである。

【0016】より詳しくは、上記CADシステム装置において、複数の知識ベースの適用を選択したときに、適用された各々の形状修正の結果が矛盾するときには、その矛盾情報を、前記出力装置上に表示するようにしたものである。

【0017】また詳しくは、上記CADシステム装置において、前記入力装置により、選択された知識ベースの解除、または、復帰コマンドを入力すると、形状要素データを修正前のデータに戻す復帰機能を有するようにしたものである。

【0018】知識ベースの適用に関して詳しくは、上記CADシステム装置において、前記知識ベースに、製造性に関するものを含むようにしたものである。

【0019】また詳しくは、上記CADシステム装置において、前記製造性に関する知識ベースが選択されたときに、前記出力装置上に、加工方法、あるいは、加工手順の一覧を表示し、その加工方法、加工手順が選択されると、前記製造性に関する知識ベースの中から、その選択に適合するような形状制約ルールを適用するようにしたものである。

【0020】さらに詳しくは、上記CADシステム装置において、さらに、CAE (Computer Aided Engineeri

ng) 解析システムを有し、検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、このCAE (Computer Aided Engineering) 解析システムにより、CAE解析をおこなって、あらたな形状制約ルールを得るようにしたものである。

【0021】さらにまた詳しくは、上記CADシステム装置において、さらに、加工シミュレータシステムを有し、検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、この加工シミュレータシステムにより、加工シミュレーションをおこなって、あらたな形状制約ルールを得るようにしたものである。

【0022】また、製造性の知識ベースを適用するときに詳しくは、上記CADシステム装置において、さらに、部品の形状要素のデータを定義する部品形状要素定義部と、その部品の形状要素を作るための金型の形状要素を定義するための金型形状要素データ生成部と、金型を加工するときの加工除去要素データを生成するための加工除去要素データ生成部とを有し、その形状要素を生成するための金型に関する形状制約ルールを用いて、金型の形状修正データを生成し、金型の加工除去処理をするときの形状制約ルールを用いて、加工除去要素データを生成し、最終的に、これらのデータを参照して、形状要素の修正データを生成するようにしたものである。

【0023】さらに知識ベースに関して詳しくは、上記CADシステム装置において、前記知識ベースが一つしかないときには、形状検査のために適用する知識ベースの選択をさせる処理を省き、知識ベースが複数あり、ユーザプロファイルとして、ユーザごとに対応する知識ベースが定義されているときには、その対応する知識ベースを形状検査のための知識ベースとするようにしたものである。

【0024】上記目的を達成するために、本発明の製品設計方法に用いるCADシステム装置に係る発明の構成は、部品の設計をおこなうCADによる製品設計方法において、このCADによる製品設計方法に用いるCADシステム装置は、入力装置と、出力装置と、一つ以上の知識ベースと、それらの知識ベースを管理する知識ベース管理装置と、形状要素のデータを修正する形状操作装置とを備え、前記部品の形状を、形状要素の組み合わせによって定義して、また、前記知識ベースには、定義された形状要素に対する形状に関する制約として、形状制約ルールが記載されていて、前記知識ベース管理装置は、前記部品の形状要素の一つを前記入力装置により選択されると、その形状要素に関連した知識ベースの一覧を、前記出力装置上に表示して、表示された前記知識ベース一覧の中から、一つだけ、あるいは複数の知識ベースが選択されると、前記知識ベース管理装置は、選択された形状要素に関連する形状制約ルールを検索して、前記形状操作装置は、その検索された形状制約ルールと、

現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その形状制約ルールに違反している場合には、自動的にその形状要素のデータを修正するようにしたものである。

【0025】より詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、その形状要素に関連あるものとして、検索された形状制約ルールを、前記出力装置上に、形状制約ルール候補一覧として表示して、表示された前記形状制約ルールが、前記入力装置により選択されると、前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうようにしたものである。

【0026】また詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、前記形状要素の選択をおこなわずに、前記入力装置より、一括形状検査コマンドを入力すると、設計対象となる形状要素のすべてに対して、前記知識ベースは、選択された知識ベースの中から、関連する形状制約ルールを検索して、前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、現在の形状要素のデータとを照合して形状検査をおこない、その後の自動修正もおこなうようにしたものである。

【0027】さらに詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、上記一括形状コマンドを入力して、その部品のすべての形状要素に対して、形状検査と自動修正する機能と、上記のように、ある形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示して、表示された前記形状制約ルールが、前記入力装置により選択されると、前記形状操作装置が、その選択された形状制約ルールに基づいて、形状検査と自動修正する機能との両者を併せ持つようにしたものである。

【0028】また、表示に関して詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、前記出力装置上に、前記形状要素に関連ある形状制約ルールを、形状制約ルール候補一覧として表示するのを、形状要素に関連する設計基準の形式で表示するようにしたものである。

【0029】より詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、複数の知識ベースの適用を選択したときに、適用された各々の形状修正の結果が矛盾するときには、その矛盾情報を、前記出力装置上に表示するようにしたものである。

【0030】また詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、前記入力装置により、選択された知識ベースの解除、または、復帰コマンドを入力すると、形状要素データを修正前のデータに戻す復帰機能を有するようにしたものである。

【0031】知識ベースの適用に関して詳しくは、上記



製品設計方法に用いるCADシステム装置において、前記知識ベースに、製造性に関するものを含むようにしたものである。

【0032】また詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、前記製造性に関する知識ベースが選択されたときに、前記出力装置上に、加工方法、あるいは、加工手順の一覧を表示し、その加工方法、加工手順が選択されると、前記製造性に関する知識ベースの中から、その選択に適合するような形状制約ルールを適用するようにしたものである。

【0033】さらに詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、このCADシステム装置は、さらに、CAE (Computer Aided Engineering) 解析システムを有し、検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、このCAE (Computer Aided Engineering) 解析システムにより、CAE解析をおこなって、あらたな形状制約ルールを得るようにしたものである。

【0034】さらにまた詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、このCADシステム装置は、さらに、加工シミュレータシステムを有し、検索された形状制約ルールが、存在しないか、形状修正のために十分でないときには、この加工シミュレータシステムにより、加工シミュレーションをおこなって、あらたな形状制約ルールを得るようにしたものである。

【0035】また、製造性の知識ベースを適用するときに詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、形状検査に用いる知識ベースが、製造性に関するものが選択されたときに、(1) 製造性に関する詳細条件を入力するステップ、(2) 形状要素データと、その形状要素データを生成するための金型の形状要素データを生成するステップ、(3) 前記形状要素データと、前記(2)のステップで生成された金型の形状要素データと、加工にあたっての制約条件を参照して、前記(2)のステップで生成された金型を加工するための加工除去要素データを生成するステップ、(4) 前記

(2)のステップの金型の形状要素データと、前記(3)のステップの加工除去要素データとを、前記形状要素データにフィードバックさせ、形状要素データを修正するステップとを有し、形状検査のときには、この(1)ないし(4)のステップをこの順におこなうようにしたものである。

【0036】さらに知識ベースに関して詳しくは、上記製品設計方法に用いるCADシステム装置において、前記知識ベースが一つしかないときには、形状検査のために適用する知識ベースの選択をさせる処理を省き、知識ベースが複数あり、ユーザプロファイルとして、ユーザごとに対応する知識ベースが定義されているときには、その対応する知識ベースを形状検査のための知識ベースとするようにしたものである。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る一実施形態を、図1ないし図20を用いて説明する。

【CADシステム装置のシステム構成】先ず、図1および図2を用いて本発明に係るCADシステム装置のシステム構成について説明する。図1は、本発明に係るCADシステム装置の機能構成を表すブロック図である。図2は、本発明に係るCADシステム装置のハードウェア構成を表すブロック図である。

10 【0038】形状操作装置10aは、本発明のCADシステム装置の中核となる装置であり、知識ベースやユーザとインターフェイスを持ち、CADデータの交換やCAE (Computer Aided Engineering) 解析、加工シミュレーションなどをおこなう。この形状操作装置10aは、知識ベース管理装置16を介して知識ベース12a、12b、12cに接続され、また制御装置13を介して出力装置14aや入力装置14bに接続されている。

【0039】形状操作装置10aは、部品形状要素定義部10b、部品形状変更駆動部10c、金型形状要素データ生成部10d、加工除去要素データ生成部10f、CAE解析部10e、および加工シミュレーション部10gで構成されている。部品形状要素定義部10bは、部品形状要素の形状を定義する部分である。金型形状要素データ生成部10dは、部品形状要素定義部10bのデータを基にしてその部品を加工するための金型の形状要素データを生成する部分である。加工形状要素データ生成部10fは、金型を加工するための加工除去要素のデータを生成する部分である。CAE解析部10eは、CAE解析をおこなって金型や部品の形状要素を決定する部分である。加工シミュレーション部10gは、金型の加工除去要素を決定するための加工シミュレーションをおこなう。部品形状変更駆動部10cは、金型形状要素データ生成部10dで決定された金型の形状要素やCAE解析部10eでのCAE解析の結果を受け、部品形状要素定義10bを駆動して部品形状要素の定義を変更するようにする。

【0040】本発明のCADシステム装置は、例えば、図2に示すコンピュータシステムによって実現される。このCADシステム装置は、図2に示すような1台のコンピュータによって実現してもよいし、複数台のコンピュータに各サブシステムを分散して実現する形態でもよい。

【0041】部品形状10aの部品形状要素定義部10b、部品形状変更駆動部10c、金型形状要素データ生成部10d、加工除去要素データ生成部10f、CAE解析部10e、および加工シミュレーション部10gは、ソフトウェアの構成上から言えば、サブルーチンプログラムによって実現され、図2に示すコンピュータのハードディスク装置28に書き込まれる。一方、制御装

置13は、メインプログラムによって実現され、同じく上記ハードディスク装置28に書き込まれる。

【0042】このCADシステム装置が動作するときには、ハードディスク装置28に書き込まれているメインプログラムとサブルーチンプログラムが、ディスク記憶装置インターフェース装置27とデータバス30を経由して半導体記憶装置21に転送される。そして、それを最終的に中央演算装置20が解釈実行する。

【0043】また、図1の出力装置14aは、システム側からユーザに情報を表示する装置であり、図2のディスプレイ23によって実現される。設計した部品形状のデータは、図1の制御装置13により、図2の出力デバイスインターフェース装置22に転送され、このディスプレイ23に表示されることになる。図1の入力装置14bは、制御装置13への命令の入力や形状要素の設計、形状要素の選択に用いられる装置であり、図2のコンピュータのキーボード25およびマウス等のポインティングデバイス26によって実現される。また、図1の知識ベース管理装置16も、ソフトウェア構成上、サブルーチンプログラムによって実現され、ハードディスク装置28内に設けられた知識ベース12a、12b、12cを管理する。

【0044】〔本実施形態で取り上げる部品〕次に、図3および図4を用いて本実施形態の説明のために取り上げる部品のモデルとそのデータ構造について説明する。図3は、本実施形態に係る部品とその形状要素に分解したときの様子を示す図である。図4は、本実施形態に係る部品を表すためにCADシステム装置が保持するデータ構造を表す図である。

【0045】本実施形態で取り上げる部品1は、図3(a)に示されるような整形プラスチック部品であり、図3(b)に示されるように1つのシェル1aと3つのリブ1b1、1b2、1b3と言う形状要素から構成されている。このように形状要素に分解するのは、本発明は、部品を形状要素に分けてCADの設計対象にすることに特徴があるからである。

【0046】部品としての完成された姿は、これらの形状要素が一体化されたものであるが、本発明のCADシステム装置は、個々の形状要素を設計対象として独立に扱えるものである。そのために、形状要素個々に、形状要素の境界と「シェル」や「リブ」といった形状要素の名称を属性として保持している。このような部品形状の要素を定義するのは、図1に示される部品形状要素定義部10bであった。各部品の形状要素は、ライブラリ資産として形状要素ライブラリ(図示せず)に蓄えられている。CADによる設計にあたっては、この形状要素ライブラリから必要な形状要素を呼び出して、必要によって形状を変形させて組み合わせることになる。その際に形状要素の境界と名称は設計過程で自動的に決定される。あるいは、部品形状を設計した後に、形状要素の境

界と名称を明示的に指定して定義してもよい。

【0047】次に、本実施形態で説明する部品1のデータ構造について説明しよう。

【0048】部品1の構造は、図4に示されるように各セルを連結したリスト構造になっている。図中の矢印は、セルの中に次のセルの位置を示すアドレスを保持しているという意味である。セルの先頭は部品ヘッダ40aであり、これに属性部40bが付属している。この属性部40bは、部品名称40b1、表示色情報40b2、および画面表示制御情報40b3といった部品の属性情報が保持されている。本実施形態の例では、部品1の部品名称は「カバー」である。この属性部40bに保持された情報は、このCADシステム装置の制御装置13が表示等のデータ操作に用いるものである。

【0049】この部品ヘッダ40aは、部品形状1ヘッダ41a、部品形状2ヘッダ42a、……を指し示している(AR51、AR52)。各部品形状ヘッダは、部品形状要素のためのデータ構造を表現するものである。各部品形状1ヘッダ41a、部品形状2ヘッダ42a、……には、それぞれ属性部41b、属性部42b、……が付属している。例えば、属性部41bは、名称41b1、色41b2、画面制御情報41b3から構成されていて、この場合の形状要素名称は「シェル」だったので、その文字列が格納されることになる。

【0050】形状要素は、点、線といった幾何学的な図形から構成されるために、次の構造としては、それらの図形を表すセルをポイントすることになる。

【0051】図4では、形状要素ヘッダ42aが、点ヘッダ43aのセル、線ヘッダ44aのセルを指し示している様子をあらわしている。この形状要素ヘッダ42aのセルの表す形状要素は、「リブ1」である。

【0052】この点ヘッダ43aにも属性部43bが付属していて、表示色情報、画面表示制御情報を保持していて、この形状要素に属する点のデフォルト値が設定されることにする。そして、点ヘッダ43aのセルは、各点を表す点データ45aのセルをポイントしている。点データを表すセルは、普通複数から構成されていて、AR55のように次の点を表すセルをポイントしており、このポイントは、最終データを表すために最後に、円環状に最初のセルである形状ヘッダ43aのセルに戻すことにする(AR59)。この点データ43aのセルも、属性部45bを持っており、表示色情報、画面表示制御情報を保持している。点データのセルの属性部に格納されている情報は、個別の点を表す情報であり、点ヘッダのセルの属性部に保持されたデフォルト情報よりも優先する。図1に示した制御装置13は、属性部43bにより、このセルが表している点を選択したときに、その表示色を変更するなどの個別の制御をおこなう。

【0053】同様に、線ヘッダ44aのセルとそれに続く線データ46aのセル、……がある。線データのセル

は、図形的な順番により、リスト構造でポイントされていること、属性部に表示色情報、画面表示制御情報という属性情報がセットされていることも同様である。また、図示していないが、線データとしては、その点の両端の点のデータも保持している。

【0054】〔CADシステム装置による部品形状検査の概要〕次に、図5を用いて本発明のCADシステム装置による部品形状検査の概要について説明する。図5は、本発明のCADシステム装置による部品形状検査のアルゴリズム概要を示すフローチャートである。

【0055】(1) 本発明では、CADの対象とする部品は、図3の例で示したようにいくつかの形状要素に分解し、その形状要素一つ一つに対してCADによる設計がおこなえるようにする。そのため、予め、その部品がどのような形状要素に分解されるのか、どのような仕様とするのかを定義する。

【0056】一般に部品を設計し製作する際に、前の方の段階を上流工程、後ろの方の段階を下流工程と言う。定義した部品形状要素は、上流工程から下流工程に行くに従って、形状要素のデータを変換する必要があるかもしれない。このときの形状要素データを変換するためのルールを形状変換ルールと言うことにする。また、製作にあたっての制限事項やノウハウから形状が制約されることもある。このときの形状要素を制約するルールを形状制約ルールと言うことにする。

【0057】このCADシステム装置を使って部品の形状検査をおこなう際には、予め上流工程から下流工程に移行するための形状変換ルールと、各工程での形状制約ルールからなる知識ベースを構築する必要がある。

【0058】一般に、図3で示したような部品は、金型を用いて成形することが多い。そのため、部品形状要素を設計するためには、金型を作ることと考慮にいれて設計する必要がある。また、実際にどのように金型を加工するかも考慮に入れなければならないこともある。ここで、部品形状を設計する工程から見ると、金型を設計する工程は、下流工程になり、金型を加工する工程は、金型を設計する工程から見ると下流工程になる。

【0059】本実施形態では、製造にあたり金型を用いて成形することを前提とした部品の形状要素を検査する場合について説明する。また、その金型を加工する工程も考慮して形状要素の検査をするものとする。

【0060】(2) ユーザがこのCADシステム装置で形状検査をおこなう場合には、画面上で形状検査をおこなおうとする形状要素の一つを選択する(S70)。そして、その形状要素に対して、形状検査命令を入力する。本発明のCADシステム装置は、機能、製造性、強度といった形状を検査するための知識分野を複数持ち、その中から適用する知識ベースの種類を選択できるようになっている。ここで、製造性の知識ベースを選択することにする(S71)。

【0061】(3) 金型を使って加工する場合には、金型形状要素知識ベースが設計のために十分あるか否かを調べる(S72a)。十分にあると判定したときには、その知識を用い、部品形状要素データを基にして、金型形状要素データを作成する(S72b)。

【0062】(4) 設計のために十分でないと判定したときには、CAE (Computer Aided Engineering) 解析をおこなう(S72d)。CAE解析とは、コンピュータにより、設計の解析をおこない、設計対象に関して必要な知識を得る手法である。CAE解析システムが存在しないときには、検査のためには、知識ベースは「知識不足」である旨を表示して(S76)、終了する。CAE解析を実行して、有用な知識が得られたときには、その知識を用い、部品形状要素データを基にして、金型形状要素データを作成する(S72b)。

【0063】(5) 次に、金型を加工する工程のことを考える。金型を加工するための加工除去要素知識ベースが、金型加工のために十分あるかを判定する(S73a)。十分にあると判定したときには、その知識を用い、部品形状要素データと金型形状要素を基にして、加工除去要素データを作成する(S72b)。

【0064】(6) 加工除去要素を決定するために十分でないと判定したときには、加工シミュレーションをおこなう(S73d)。加工シミュレーションとは、コンピュータにより、仮想的に加工をおこなったものとして、必要な情報を得る手法である。加工シミュレーションシステムが存在しないときには、検査のためには、知識ベースは「知識不足」である旨を表示して(S76)、終了する。加工シミュレーションを実行して、有用な知識が得られたときには、その知識を用い、部品形状要素データと金型形状要素を基にして、加工除去要素データを作成する(S72b)。

【0065】(7) 加工除去要素データが得られたときには、その加工除去要素データを用いて、金型形状要素データを再作成する(S74)。

【0066】(8) 次に、金型形状要素データが得られたときには、その金型形状要素データを用いて、部品形状要素データを再作成する(S75)。この部品形状要素が、金型加工、その金型を加工する工程での制約を考慮したものになる。

【0067】〔部品1の形状検査の実際〕次に、図6ないし図18を用いて既に説明した部品1を、本発明のCADシステム装置により形状検査をする場合について説明しよう。以下、図5で示したフローチャートを追いつながら項を分けて説明することにする。

【0068】(1) 知識ベースの選択と詳細条件の入力まで  
 先ず、図6ないし図8を用いて、部品1の形状要素の一つに形状検査をおこなう場合に適用する知識ベースを選択し、詳細条件を入力するまでを説明する。図6は、本

実施形態に係るCADシステム装置が提供する画面イメージであり、形状検査のために部品の形状要素を選択し、適用する知識ベースを一覧として表示しているところの図である。図7は、本実施形態に係るCADシステム装置が提供する画面イメージであり、図6の次の段階で、製造性の知識ベースを選択し、適用する金型加工方法を一覧として表示しているところの図である。

【0069】図8は、本実施形態に係るCADシステム装置が提供する画面イメージであり、図7の次の段階で、金型加工方法として加工方法1を選択し、さらに詳細条件として加工手順一覧金型加工方法一覧として表示しているところの図である。

【0070】ユーザが、本発明のCADシステム装置により、部品1の形状検査をおこなおうとするときには、図1に示した出力装置14a上の画面上に、3次元モデルとして部品1を表示する。この3次元モデルによる表示は、ユーザの入力に従って、任意の方向に回転させ、任意の方向から眺めることができるようにこの部品1の姿勢を制御することができる。

【0071】ここで、リブ形状要素1b1に関しての形状検査をするものとする。このとき、ユーザは、注目する部品形状であるリブ形状要素1b1を、マウスやキーボードなどのような入力装置14bによって選択可能な姿勢になるように部品1を回転させる。

【0072】次に、ユーザが、このリブ形状要素1b1をマウスなどの入力装置14bにより選択すると画面上で色を変えて表示する(図5のS70)。

【0073】内部の制御としては、図1に示される制御装置13は、リブ形状要素1b1の境界線を形状操作装置10aから取得して(図1のAR15g、AR15d)、上記リブ形状要素1b1の出力装置14aの画面上で色を変え(AR15e)選択状態であることを示す。それと同時に、図4で示したデータ構造において、リブ形状要素1b1のデータブロック先頭の形状要素ヘッダ42aの属性部42bに格納されている形状要素名称42b1を知識ベース管理装置16に転送する(AR15i)。

【0074】部品1の形状要素であるリブ1b1が、選択されると、知識ベース一覧表示画面2が表示され、この形状要素リブ1b1に関連した知識を含む知識ベースが一覧として表示される。知識ベース一覧表示画面2は、表示欄2a、画面「閉じる」アイコン2b、知識ベース選択ボタン2c1、2c2、2c3から構成されている。表示欄には、部品名の「カバー」と、形状要素名の「リブ」が表示される。

【0075】内部の制御としては、知識ベース管理装置16は、制御装置13からリブ形状要素1b1の形状要素名称42b1を受け取り、複数の知識ベース12a、12b、12cの中から関連する知識ベースを形状要素名称42b1をキーワードとして含むかどうか検索する

(AR15a、AR15b、AR15c)。そして、見つかった場合には、関連する各知識ベースの名称を制御装置13に返送する(AR15h)。制御装置13は、返送された知識ベース名称の一覧を出力装置14aに転送して、知識ベース一覧表示画面2として表示する。

【0076】図6の例では、三つの知識ベースが表示されており、それぞれ、「機能」、「製造性」、「強度」に関する知識ベースである。ユーザが形状検査をしたい知識ベースを選択するとその知識ベースに関連する形状検査がおこなわれることになる。例えば、ユーザが製造性に関する形状検査をおこないたいとすると、「知識ベース2：製造性」知識ベース選択ボタン2c2を、マウスなどの入力装置14bを用いて選択する(AR15f)。選択した項目の知識ベース選択ボタン2c2には、チェックマークが表示される。

【0077】形状検査のために利用する知識ベースを選択すると、次は、詳細条件を入力する段階になる(図5のS71)。

【0078】図1に示される制御装置は、利用する知識ベースが選択されると、その知識ベースを利用するに当たって、詳細条件があるか否かを知識ベース管理装置16に問い合わせる(AR15i)。知識ベース管理装置16は、「知識ベース2：製造性」知識ベース12bから詳細条件を引き出して制御装置13に返送し(AR15h)、制御装置13は詳細条件を出力装置14aに転送して子画面として表示する。

【0079】部品1は、金型で製造することになっており、加工方法として「直彫り加工」と「放電加工」と言う二種類の加工方法が設定されているとする。そのときには、子画面としては、図7に示されるように、金型加工方法一覧表示画面3が表示される。この金型加工方法一覧子画面3は、表示欄3a、画面「閉じる」アイコン3b、金型加工方法選択ボタン3c1、3c2から構成されている。表示欄には、「知識ベース2：製造性」知識ベースの詳細条件の名称として、「金型加工方法」と表示されている。

【0080】ここで、ユーザが加工方法として直彫り加工をしたいとするとすると、「加工方法1：直彫り加工」金型加工方法選択ボタン3c1を、マウスなどの入力装置14bを用いて選択する(AR15f)。選択した項目の金型加工方法選択ボタン3c1には、チェックマークが表示される。

【0081】このとき、制御装置13は、金型加工方法が選択されるとこれに関連する詳細条件があるか否かを調べることになる。この場合には、「加工方法1：直彫り加工」が選択されたので、これに関連する詳細条件があるか否かを知識ベース管理装置16に問い合わせる(AR15i)。先ほどの記述と同様に、知識ベース管理装置16は「知識ベース2：製造性」知識ベース12bから詳細条件を引き出して制御装置13に返送し(A

R15h)、制御装置13は、さらに詳細条件を出力装置14aに転送して子画面として表示する。

【0082】後に詳細に説明するが、この部品1のための金型加工には、加工手順として二種類考えられる。そのため、図8に示されるようにこれに応じた加工手順一覧表示画面4が画面上に表示されることになる。加工手順一覧表示子画面4は、表示欄4a、画面「閉じる」アイコン4b、加工手順選択ボタン4c1、4c2から構成されていることは、先の二画面と同様である。表示欄4aには、「知識ベース2：製造性」知識ベース詳細条件の名称として、「加工手順」と表示されている。

【0083】ここで、ユーザが加工手順として、面から溝の加工手順を選びたいとすると、「加工手順1：面→溝」加工手順選択ボタン4c1を、マウスなどの入力装置14bを用いて選択する(AR15f)。選択した加工手順選択ボタン4c1には、チェックマークが表示される。

【0084】制御装置13は、この場合にも、さらに詳細な条件がないか知識ベースから調べることは、先ほどの場合と同様である。ここでは「加工手順1：面→溝」に関しての詳細条件はないものとする、知識ベースの選択と、詳細条件の入力は、これで終わったことになる。

#### 【0085】(II) 形状検査の実行

知識ベースの選択と、詳細条件の入力が終わると、実際に形状検査を実行する段階に移る。これは、図には示していないが、キーボードやマウスなどの入力装置15fによりコマンドやメニューから形状検査実行の指示をシステムに与えることにより開始される。

#### 【0086】(III) 金型加工と形状制約ルールについて

知識ベースを用いた形状検査が実行に移されると、次に、この部品を成形するための金型の形状が適切であるかを検査する先ず、図9および図10を用いて本実施形態で説明している部品1の金型について説明する。図9は、部品1の金型のコア駒80を示す斜視図である。図10は、部品1の金型のコア駒80とキャビ駒81で成形しているところを示す正面図と側面図である。

【0087】部品1は、成形プラスチック部品であり、金型で成形する。金型は、凸型の形状をしたコア駒と、凹型の形状をしたキャビ駒があり、成形するときには、図10に示されるようにこれらを組み合わせて用い、コア駒80とキャビ駒81の中空部分で部品1が成形されることになる。図9の平面101の切断面101で見ると、図10(a)の側面図で、図9の平面102の切断面102で見ると、図10(b)の正面図で、それぞれ示されるようにコア駒80、部品1、およびキャビ駒81が咬み合わさることになる。

【0088】金型を成形する際には、部品の方の加工する形状の制約に影響されることになる。これを、データ

ベース化して蓄えたものが「形状制約ルール」である。この部品1の場合の形状制約ルールを図11を用いて説明しよう。図11は、部品1のリップ形状要素1b1の形状制約例を図示した模式図である。

【0089】図11(a)は、部品1のリップ形状要素1b1の部分の原型の形状であり、これは、図10(a)の方向から見たものである。

【0090】形状制約の第一の例としては、金型加工の際に、部品1を成形後にコア駒80から抜け易くするために、図11(b)に示されるように抜き勾配82a、82bをリップ形状要素1b1の両側に付加する場合が考えられる。リップ形状要素1b1のコア駒80からの抜け易さは、部品1のプラスチック材料の種類、コア駒80の表面荒さによって変わるため、この場合に「知識ベース2：製造性」知識ベース12bにはこれらのパラメータに応じた抜き勾配82a、82bの大きさが形状制約ルールとして蓄積されている。

【0091】形状制約の第二の例としては、部品1のリップ形状要素1b1がシェル形状要素1aに結合した部分の背面にひけ(凹形状の成形不良)が発生するのを防ぐために、図11(c)に示されるようにリップ形状要素1b1のシェル形状要素1aとの結合部の周囲に溝83a、83bを付加する場合が考えられる。リップ形状要素1b1のシェル形状要素1aとの結合部の背面のひけの大きさは、部品1のプラスチック材料の金型内部での流動特性、シェル形状要素1aの厚み寸法、リップ形状要素1b1の厚み寸法によって変わるため、この場合に「知識ベース2：製造性」知識ベース12bには、これらのパラメータに応じて生じるひけの大きさとひけを防止するための溝83a、83bの大きさが形状制約ルールとして蓄積されている。

【0092】形状制約の第三の例としては、厚み寸法の異なる部品1のリップ形状要素1b1がシェル形状要素1aに結合したことによる反り変形が発生するのを防ぐために、図11(d)に示されるようにシェル形状要素1aの厚み“a”(84a)とリップ形状要素1b1の厚み“b”(84b)とを比較して“a=b”となるようにする場合が考えられる。リップ形状要素1b1がシェル形状要素1aと結合したことによる反り変形の大きさは、両形状要素の冷却時間の差、部品1のプラスチック材料の金型内部への充填密度の差によって変わるため、この場合に「知識ベース2：製造性」知識ベース12bには、これらのパラメータに応じて生じる反り変形の大きさと反りを防止するための厚み寸法“a”(84a)、“b”(84b)の許容差が形状制約ルールとして蓄積されている。

【0093】さて、金型形状のデータを生成する際には、これらの形状制約ルールを参考にしておこなうことになる。単純に形状要素のデータを転写するだけでは、成形品質を損なう恐れがあるからである。

【0094】形状制約ルールが存在する場合には、その形状制約ルールを自動的に適用しても良いし、画面上に図11のような構造と寸法などのデータを表示して、候補例の中からユーザに明示的に選択させるようにしても良い。

【0095】さて、形状検査実行の指示が与えられると、制御装置13は形状操作装置10aに対して形状制約ルール検査命令を送る(AR15g)。形状操作装置10aは、図4に示されるリブ形状要素1b1のデータブロックの属性部42bの形状要素名称「リブ」42b1を知識ベース管理装置16に転送する(AR15k)。そして、金型形状要素データ生成部10dが部品形状要素であるリブ形状要素1b1を基にして、金型形状要素のデータを生成するに当たり利用することができる知識ベースが存在するかどうかを問い合わせる(図5のS72a)。リブ形状要素1b1の金型形状要素データ知識ベースが存在すれば(S72a)、知識ベース管理装置は「知識ベース2：製造性」知識ベース12bから該当する形状制約ルールを形状操作装置10aの金型形状要素データ生成部10dに返送する(AR15b、AR15j)。

【0096】金型形状要素データ生成部10dは、送られてきた形状制約ルールを参照して、適切な金型形状のデータを生成する(S72b)。

【0097】(IV) CAE解析

以上の過程では、部品と形状制約ルールを参照して、金型形状要素のデータを生成した。ところで、検査しようとする形状要素の全てについて、形状を制約する必要があるにもかかわらず、「知識ベース2：製造性」知識ベース12bに形状制約ルールが蓄積されている保証はない。例えば、反り変形については、成形品の形状要素の厚み寸法の差の他に、加工時の特殊条件などが原因となり、全ての場合について知識ベースを用意しきれない場合がある。例えば、具体的には、金型冷却配管の配置による冷却能力の差や樹脂流入ゲートの配置による樹脂充填密度の差が出る場合である。

【0098】すなわち、そのような場合には、金型加工形状要素のデータを生成するにあたり、形状制約ルールが十分に蓄えられているかを判定する(S72a)。そして、十分ではないと判定されたときには、CAE (Computer Aided Engineering) 解析をおこなって、利用できる形状制約ルールを求める(S72c)。CAE解析とは、コンピュータ上で様々な条件を設定して、仮想的な設計をおこなう技術である。例えば、CAE解析システムとして、本実施形態の部品1に使える例としては、データベースして樹脂物性データベースを持ち、樹脂流動解析ソフトウェアにより、樹脂の流動解析をおこなって、反り変形を防ぐための形状制約ルールを求めるシステムが考えられる。

【0099】CAE解析をおこなうために、本発明のC

ADシステム装置に、CAE解析が可能な項目をリストにしたCAE解析可能項目リストを知識ベースに蓄えておく。そして、金型形状要素データ生成部10dに、形状要素の評価項目についてCAE解析が可能か否かを予め与えられているCAE解析可能項目リストを検索することによって調べる(S72c)。上記の例では、樹脂流動解析CAEシステムが組み込まれていて、それにより反り変形の解析ができることがCAE解析可能項目リストの中に含まれているような場合である。このようなときには、金型形状要素データ生成部10dは、CAE解析部10eに必要なデータを転送して(AR11i)、樹脂流動CAE解析を実行させる(S72d)。反り変形に対する検査をしたいときで、かつ、CAE解析可能項目リストの中にその項目が含まれていない場合には、(S72c)、「知識不足」の旨を出力装置14aに表示して形状検査を中止する(S76)。CAE解析部10eは、解析が終了すると解析結果を金型形状要素データ生成部10dに送り(AR11j)、金型形状要素データ生成部10dは解析結果に基づいて金型の形状要素のデータを生成する(S72b)。

【0100】(V) 部品1の金型加工の方法と加工時に生じる制約について

金型を加工するためには、普通加工除去要素の形状を定め、その仕様どおりに加工する。そのための加工手順や加工工具によっては、制約が出てくるともあるので、形状検査に万全を期すためには、金型加工の加工除去要素のデータまで考慮に入れなければならない。

【0101】そのために先ず、本実施形態の部品1を金型加工する際の加工方法、加工除去要素、およびそれに伴って生じる制約条件について説明する。

【0102】最初に、図12ないし図16を用いて部品1の加工方法について説明する。ここで、部品1の金型コア駒80を加工方法Aと加工方法Bの二種類を考える。図12は、部品1の金型コア駒の加工方法Aと加工方法Bにおける第一段階の加工除去要素を示す斜視図である。図13は、部品1の金型コア駒の加工方法Aにおける第二段階の加工除去要素を示す斜視図である。図14は、部品1の金型コア駒の加工方法Aにおける第三段階の加工除去要素を示す斜視図である。図15は、部品1の金型コア駒の加工方法Bにおける第二段階の加工除去要素を示す斜視図である。図16は、部品1の金型コア駒の加工方法Bにおける第三段階の加工除去要素を示す斜視図である。

【0103】(加工方法A) 先ず、図12に示されているように素材である四方形ブロック材(図示せず)から、枠形状90bを取り抜いて、リブ高さHの四方形ブロック90aを削り出す。

【0104】次に、図13に示されるように四方形ブロック90aから溝加工により四方形ブロック91a、91b、91cを除去する。そして、図14に示されるよ



うに面加工により凹型の三角ブロック93a、93b、93c、93dを取り除く。このようにすれば、四方形ブロック92a、92b、92c、92dに、凸型の三角ブロック94a、94b、94c、94dが成形され、金型コア駒80が完成する。

【0105】(加工方法B)第一段階としては、加工方法Aと同様、図12に示されているように四方形ブロック材から枠形状90bを取り抜いて、リブ高さHの四方形ブロック90aを削り出す。

【0106】加工方法Bの場合は、次に、図15に示されるように四方形ブロック90aから面加工により、凹型の三角ブロック95を除去する。四方形ブロック90aは、凸型の三角ブロック96に成形されるので、次に、図16に示されるように面加工により凸型の三角ブロック97a、97b、97cを取り除く。このようにすれば、凸型の三角ブロック96に、凸型の三角ブロック94a、94b、94c、94dが成形され、金型コア駒80が完成する。

【0107】次に、図17ないし図19を用いて上記加工方法によって生じる制約条件と、それに伴う部品1の形状修正について説明する。図17は、加工除去要素と工具長の関係を対比して示した模式図である。図18は、部品1の形状に修正を加えるときの加工方法と加工形状を二種類説明した図である。図19は、加工方法Aを用いるときの、加工除去要素を二種類対比して示した図である。

【0108】部品1の金型に対して、上記のような加工方法が存在するとしよう。上記の加工方法は、共に、面加工と溝加工を組み合わせる金型のコア駒80を成形する方法であった。このとき、溝加工は、エンドミルで

こなすが、図13と図16に示した溝の深さHはミルの刃先の長さhに関連している。また、溝の深さとリブの高さは一致している。

【0109】図17(a)は、図13に示す加工方法Aのときの溝の深さHと、ミル98の刃先の長さhを対比して示した断面図であり、図17(b)は、図16に示す加工方法Bのときの溝の深さHと、ミルの刃先の長さhを対比して示した断面図である。もし、図のように、 $H > h$ の関係があり、溝の深さがミルの刃先の長さよりも大きいときには加工することができない。

【0110】このときには、フィードバックして、元々の部品形状の方を修正しなければならない。すなわち、ミルの刃先の長さhでも、金型の加工をおこなえるようにリブの高さHを短くしなければならない。

【0111】部品1に対する形状修正の方法としては、形状修正方法Aと形状修正方法Bの二通りが考えられる。形状修正方法Aは、図18(a)に示すようにリブ形状要素1b1、1b2、1b3をシェル形状要素1aの奥行き方向に均一にリブ高さhまで縮める方法である。形状修正方法Bは、図18(b)に示すようにリブ

形状要素1b1、1b2、1b3の2つの下端点の内の1つをシェル形状要素1aの端面に拘束して、もう1つの端点をシェル形状要素1aの裏面上に沿って移動させて、最大の高さになるところをリブ高さhまで縮める方法である。

【0112】(VI) 金型加工における加工除去処理  
上記の部品1の加工方法と、加工に使用する工具の特性から来る形状の制約を踏まえて、本発明のCADシステム装置における部品1の形状検査の処理について説明する。

【0113】金型形状要素データが生成されると(S72b)、部品1がその部品1を成形する金型を加工可能ならしめる形状をしているか否かを調べなければならない。そのために、図1に示される制御装置13は、形状操作装置10aの金型形状要素データ生成部10dから加工除去要素データ生成部10fに金型形状要素データを転送して調べさせる(AR11b)。加工除去要素データ生成部10fは、「知識ベース2：製造性」知識ベース12bに加工手順や加工工具に関する知識ベースが存在すれば(S73a)、知識ベースを照らし合わせて、素材から金型を削り出すために除去すべき形状を決定する。また、その除去すべき形状を、さらに小さな要素に分解しなければならない場合には、個々の加工除去要素を決定する(S73b)。

【0114】加工方法Aの場合には、第一段階の加工除去要素として、枠形状90bを定め、第二段階の加工除去要素として、四方形ブロック91a、91b、91cを定め、第三段階の加工除去要素として、凹型の三角ブロック93a、93b、93c、93dを定めることがこれに該当する。

【0115】また、加工方法Bの場合には、第一段階の加工除去要素として、枠形状90bを定め、第二段階の加工除去要素として、凹型の三角ブロック95を定め、第三段階の加工除去要素として、凸型の三角ブロック97a、97b、97cを定めることがこれに該当する。

【0116】どちらの加工方法を選ぶかは、要求される加工精度・公差、適用可能な加工方法、使用できる工具に依存して決まり、これらの条件は「知識ベース2：製造性」知識ベース12bに加工除去要素形状制約ルールとして蓄積されている。

【0117】ここで、加工除去要素形状制約ルールとして、上で説明したような工具から来る制限、すなわち、ミル98の刃先の長さhが、リブの高さH(=溝の深さ)よりも短いとする。このときには、加工方法Aでも加工方法Bでも溝加工のときに、 $H - h$ 分の高さの彫り残した要素が残ることになる。したがって、このような場合には、加工除去要素データ生成部10fは、加工除去要素を作成するために制約が出たので、これをリブ形状要素1b1、1b2、1b3の形状要素にフィードバックするために形状要素のデータを修正することを要求

する。

【0118】リブの高さhを縮める方法としては、図18により既に説明したように形状修正方法Aと形状修正方法Bの二通りがある。形状修正方法Aの方の成形は、加工方法Aでも加工方法Bを使っても可能であるが、形状修正方法Bの成形は、加工方法Aでは成形できず、加工方法Bの方しか成形できないことに注意する必要がある。というのも、加工方法Bの場合に、形状修正方法Bを適用すると図19(b)に示されるように、図13の段階で切り出される四方形ブロック91aが、変形ブロック91a'の形状となり、この場合でもミル98の刃先の長さは、Hだけ必要だからである。

【0119】本実施形態では、図8に示されているように、ユーザは「加工手順1：面→溝」を選択しているで、加工方法Bで成形する手順が選ばれている。したがって、形状修正方法Aでも形状修正方法Bでも選ぶことができる。このような場合は、「知識ベース2：製造性」知識ベース12bの加工除去要素形状制約ルールに優先順位を予め付けておくか、取り得る形状修正案の候補一覧を画面に表示してユーザに選択させるようにするといふ。

【0120】このように、加工除去要素に制約が生じたために形状要素データの形状変更を要求する必要があるときは、加工除去要素データ生成部10fは、形状修正データを金型形状要素データ生成部10dに送る(AR11c)。金型形状要素データ生成部10dは、送られてきた加工除去要素データを、金型形状修正データと再び整合を取り(S74)、金型形状修正データ要素を部品形状変更駆動部10cに送る(AR11d)。

【0121】最後に、部品形状変更駆動部10cは、金型形状要素、加工除去要素の制約により生じる部品形状要素の形状修正内容データを受け取り、最終的に部品形状要素を修正して(S75)、部品形状要素定義部10bの部品形状データを更新する(AR11f)。

【0122】制御装置13は、更新した部品形状データを受け取り(AR15d)、出力装置14aに転送して(AR15e)表示する。

【0123】(VII)加工シミュレーション  
上で説明した例は、加工除去要素データ知識ベースが十分あり、加工除去要素データが一意的に決めることができる場合について説明した。ところが、加工除去のために用いる工具が複数あり、それらが互いに干渉するなどの理由のため、パラメータで一意的に評価できないことがある。このようなときには、加工除去要素データ知識ベースが十分ではなものと(して)(S73a)、加工シミュレータシステムが本発明のCADシステム装置内に存在すれば(S73c)、本発明のCADシステムは、加工シミュレーションをおこなう(S73d)。

【0124】加工シミュレーションをおこなうときには、加工除去要素データ生成部10fは、加工除去要素

データを加工シミュレーション部10gに転送して(AR11k)工具軌跡を計算させ加工シミュレーションをおこなわせる(S73d)。

【0125】加工シミュレータが存在しなければ(S73c)、「知識不足」の旨を出力装置14aに表示して、形状検査を中止する。

【0126】加工シミュレーション部10gは、シミュレーション結果を加工除去要素データ生成部10fに返送する(AR11m)。

10 【0127】その後、加工除去要素データ、金型形状要素データを経て、形状要素データを再修正する処理は、上の(V)で説明したものと同様である。

【0128】(VIII)金型を用いずに製造する部品の場合について

上記(I)～(VI)の例では、部品を製造するために金型を用いる製造工程での形状検査について説明した。

20 【0129】本発明のアイディアは、部品の製造に金型を用いないとき、すなわち、部品に直接、ミルなどの切削工具をあて、加工する製造工程を持つ部品にも適用可能である。そのときには、(IV)のCAE解析も(VI)の加工シミュレーションも、その部品の形状要素データを対象としておこなうことになる。

【0130】〔部品1の形状検査に適用する知識データベースについて〕以上は、「知識ベース2：製造性」知識ベース12bが選ばれ、部品1の形状検査が製造性の面から検査される場合を説明してきた。

【0131】本発明に係るCADシステム装置は、適用できる知識ベースを複数持っているのが特徴の一つである。ここで、図6に示されるときに「知識ベース2：製造性」知識ベース12bの代わりに、「知識ベース3：強度」知識ベース12cが選択されたとする。この場合には、制御装置3は部品形状要素定義部10bからCAE解析部10eへ形状データを送る(AR11g)。CAE解析部では、CAEの一種である部品1の強度の解析をおこなうCAE強度解析を実行し、その解析結果を部品形状変更駆動部10cへ送り、変更が必要となるときには、形状要素データが変更されることになる。

40 【0132】「知識ベース2：製造性」知識ベース12bと「知識ベース3：強度」知識ベース12cの両方が選択された場合で、2つの知識ベースの形状制約ルールから導かれる結果がお互いに矛盾する案であった場合には、矛盾を通報する画面と修正案一覧画面を表示して、ユーザがどちらの知識ベースに基づく修正案を採用するかを選択させるようにするとよい。

【0133】〔形状検査の復帰機能〕形状検査の復帰機能を設けると、本発明のCADシステム装置を用いて、試行錯誤により形状検査がしやすくなるため、ユーザインターフェイスの飛躍的な向上を図ることができる。これを実現するには、形状修正の際に図4の部品形状のデータ構造の形状要素ヘッダ42a以降の複製を作り、複



製の属性部42bに修正前形状属性（図示せず）を付けて元の形状要素ヘッダ42aにリンクさせておく。そして、「Undo」コマンドや適用する知識ベースの選択を解除する等の操作を、キーボード25やポインティングデバイス26などの入力装置14bにより入力されたときには、元のデータを復帰させれば良い。

【0134】〔一括形状検査〕これまで説明してきた例は、図6で示されるように部品1の形状要素であるリブ形状要素1b1を選択して、それに対して形状検査をおこなう処理について説明してきた。

【0135】これを、例えば、部品1を構成する要素すべてに対して、一括して形状検査をして結果を出せるようにすると便利である。

【0136】図20は、一括形状検査をするときの本発明のCADシステム装置による部品形状検査のアルゴリズム概要を示すフローチャートである。

【0137】これは、知識ベースが検索され、「一括して形状検査をせよ」というコマンドが入力されたときに（S103）、形状検査を検索して（S104）、その各々に対して図5で示したフローの形状検査をおこなう、形状要素がなくなるまでそれを繰り返す処理をするようにすれば良い。

【0138】〔設計基準のユーザに対する表示〕上で説明してきた例は、形状検査の際に、形状制約ルールが存在する場合には、それにより自動的に、あるいは、適用する形状選択ルールを候補として表示して、ユーザにそれを選択させて適用してきた。

【0139】ユーザに形状選択ルール選択させる場合に、上の記載では図11の構造と寸法を示す例を説明している。一方、この形状制約ルールは、部品を設計するための基準としての意味合いも持っている。したがって、表現として、ユーザに読みやすいルール形式記述した「設計基準」として提示することも可能である。例えば、図11の例を設計基準で表現すると以下のようになる。

【0140】(b)「プラスチック材料がABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）であり、表面にシボ模様加工を施す場合であれば、部品形状に抜き勾配2度を設定する。」

(c)「プラスチック材料がABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）であり、シェルの厚さが2mmであり、リブの厚さが2mmであり、リブの高さが10mmであれば、シェルとリブの結合部に深さ0.7mm、幅1mmの溝を付加する。」

(d)「プラスチック材料がABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）であり、シェルの厚さが2mmであり、リブの厚さが2mm以上であれば、リブの厚さを2mmに再設定する。」

また、知識ベースとしてこのようなルール形式で入力して、格納できるようにすれば、修正候補の中からの修正

案の選択が容易になると同時に、知識ベースの保守管理も容易になるという利点がある。

【0141】〔知識ベースの選択について〕上記例では、図6の適用する知識ベースの一覧を、知識ベース一覧表示画面2として、表示して、ユーザに適用する知識ベースを選択させた。

【0142】適用する知識ベースが一種類であるときには、知識ベースの選択はおこなわなくても良い。また、ユーザごとにプロファイルを作り、CADに用いる知識ベースを予め決めておけば良い。例えば、本実施形態の例では、機能設計者は、「知識ベース1：機能」のみ適用して、形状検査をおこなう。また、工場の生産プロセスの設計に関わっている設計者は、「知識ベース2：製造性」のみ適用して形状検査をおこなうなどである。

【0143】

〔発明の効果〕本発明によれば、CADシステムにより、部品を設計するにあたり、部品を形状要素に分解して定義し、その形状要素ごとに、形状修正を自動的におこなえるようにすることにより、多様な部品を効率的に設計することのできるCADシステム装置およびCADによる製品設計方法を提供することができる。

〔図面の簡単な説明〕

〔図1〕本発明に係るCADシステム装置の機能構成を表すブロック図である。

〔図2〕本発明に係るCADシステム装置のハードウェア構成を表すブロック図である。

〔図3〕本実施形態に係る部品とその形状要素に分解したときの様子を示す図である。

〔図4〕本実施形態に係る部品を表すためにCADシステム装置が保持するデータ構造を表す図である。

〔図5〕本発明のCADシステム装置による部品形状検査のアルゴリズム概要を示すフローチャートである。

〔図6〕本実施形態に係るCADシステム装置が提供する画面イメージであり、形状検査のために部品の形状要素を選択し、適用する知識ベースを一覧として表示しているところの図である。

〔図7〕本実施形態に係るCADシステム装置が提供する画面イメージであり、図6の次の段階で、製造性の知識ベースを選択し、適用する金型加工方法を一覧として表示しているところの図である。

〔図8〕本実施形態に係るCADシステム装置が提供する画面イメージであり、図7の次の段階で、金型加工方法として加工方法1を選択し、さらに詳細条件として加工手順一覧金型加工方法一覧として表示しているところの図である。

〔図9〕部品1の金型のコア駒80を示す斜視図である。

〔図10〕部品1の金型のコア駒80とキャビ駒81で成形しているところを示す正面図と側面図である。

〔図11〕部品1のリブ形状要素1b1の形状制約例を

10

20

30

40

50

図示した模式図である。

【図12】部品1の金型コア駒の加工方法Aと加工方法Bにおける第一段階の加工除去要素を示す斜視図である。

【図13】部品1の金型コア駒の加工方法Aにおける第二段階の加工除去要素を示す斜視図である。

【図14】部品1の金型コア駒の加工方法Aにおける第三段階の加工除去要素を示す斜視図である。

【図15】部品1の金型コア駒の加工方法Bにおける第二段階の加工除去要素を示す斜視図である。

【図16】部品1の金型コア駒の加工方法Bにおける第三段階の加工除去要素を示す斜視図である。

【図17】加工除去要素と工具長の関係を対比して示した模式図である。

【図18】部品1の形状に修正を加えるときの加工方法と加工形状を二種類説明した図である。

【図19】加工方法Aを用いるときの、加工除去要素を二種類対比して示した図である。

【図20】一括形状検査をするときの本発明のCADシステム装置による部品形状検査のアルゴリズム概要を示す\*

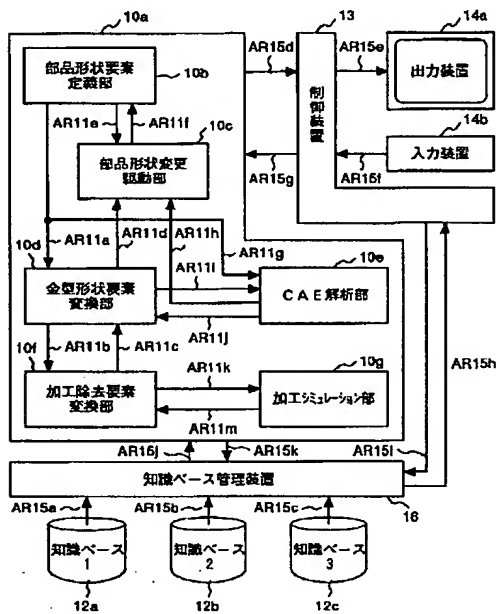
\*すフローチャートである。

【符号の説明】

- 1…部品、1a…部品のシェル形状要素、1b1…部品のリブ形状要素、1b2…部品のリブ形状要素、1b3…部品のリブ形状要素、2…知識ベース一覧表示画面、3…金型加工方法一覧表示画面、4…加工手順一覧表示画面、10a…形状操作装置、10b…部品形状要素定義部、10c…部品形状変更駆動部、10d…金型形状要素データ生成部、10e…CAE解析部、10f…加工除去要素データ生成部、10g…加工シミュレーション部、12a…知識ベース、12b…知識ベース、12c…知識ベース、13…制御装置、14a…出力装置、14b…入力装置、20…CPU中央演算装置、21…半導体記憶装置、22…出力デバイスインターフェース装置、23…ディスプレイ、24…入力デバイスインターフェース装置、25…キーボード、26…ポインティングデバイス、27…ディスク記憶装置インターフェース装置、28…ハードディスク装置、30…データベース。

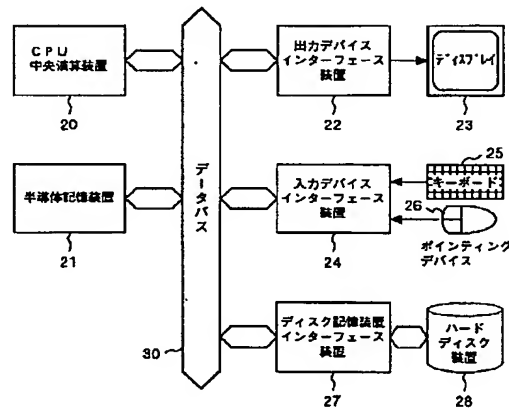
【図1】

図 1



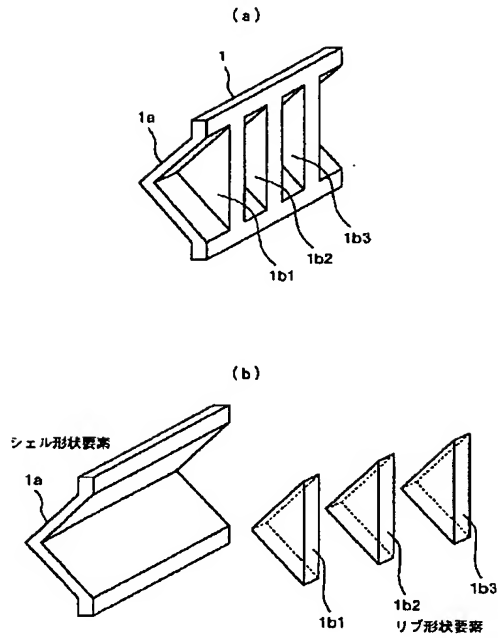
【図2】

図 2



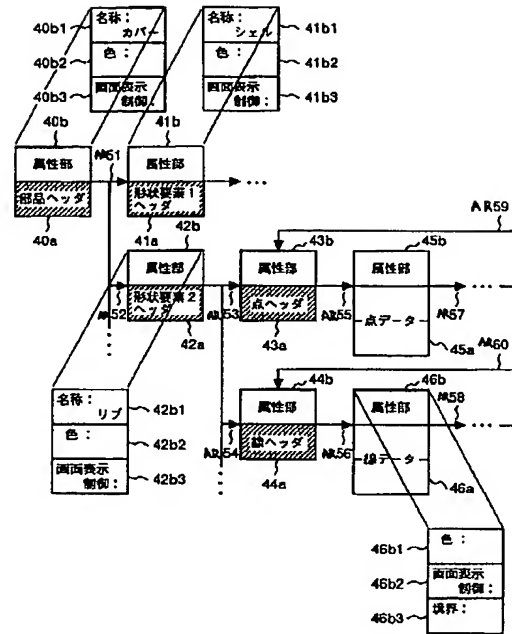
【図3】

図 3



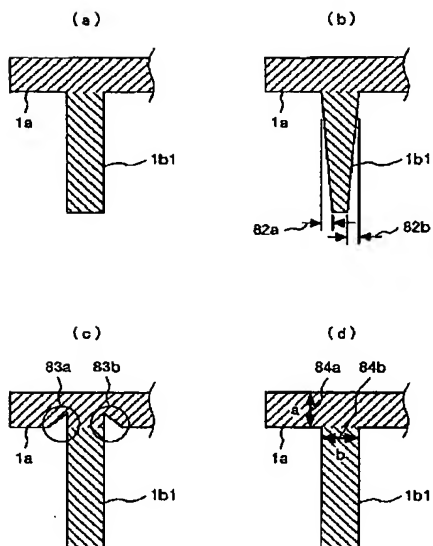
【図4】

図 4



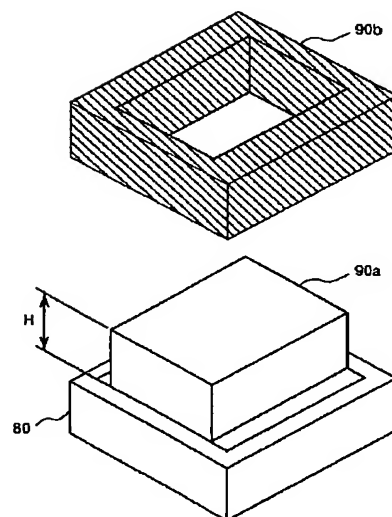
【図11】

図 11



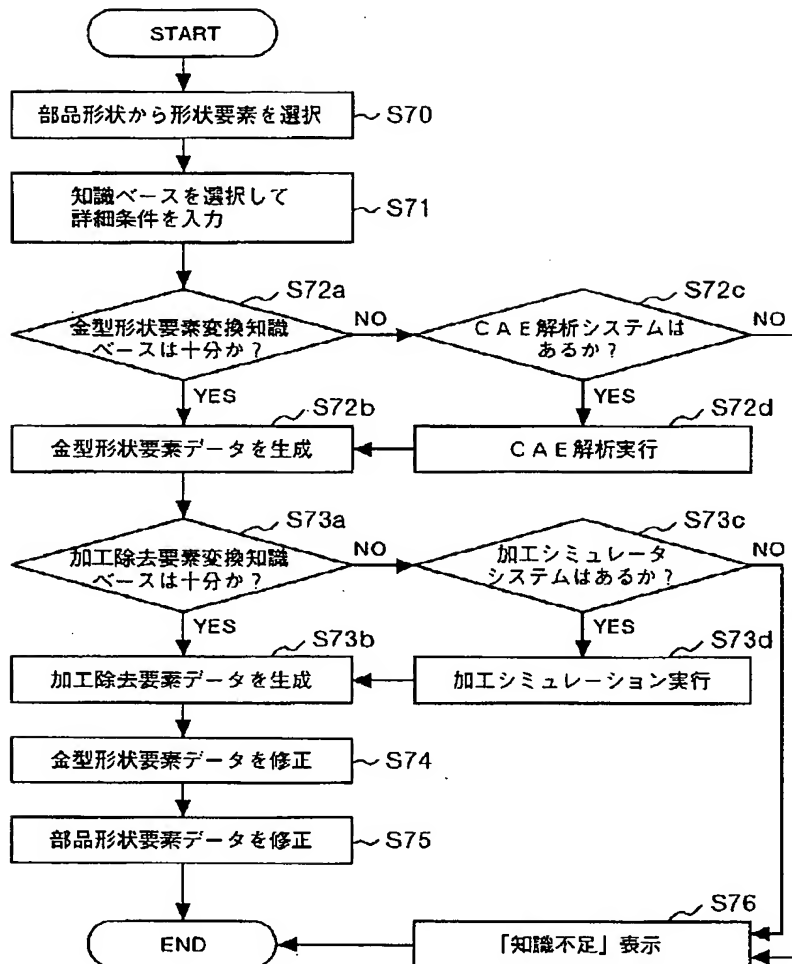
【図12】

図 12



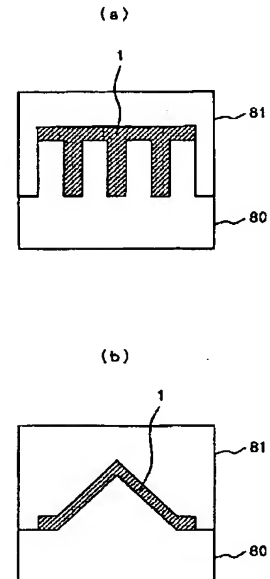
【図5】

図 5



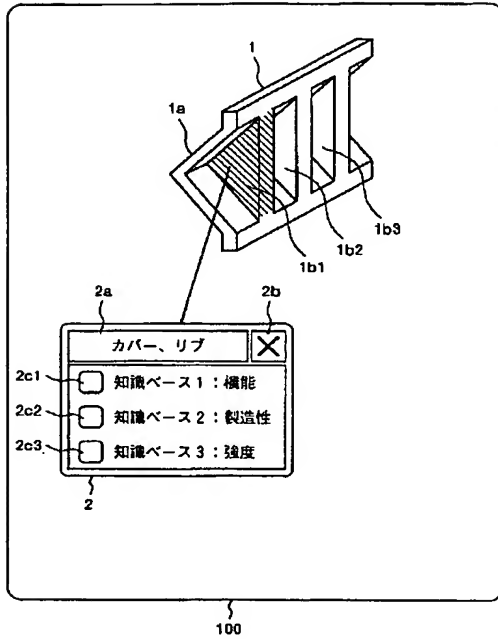
【図10】

図 10



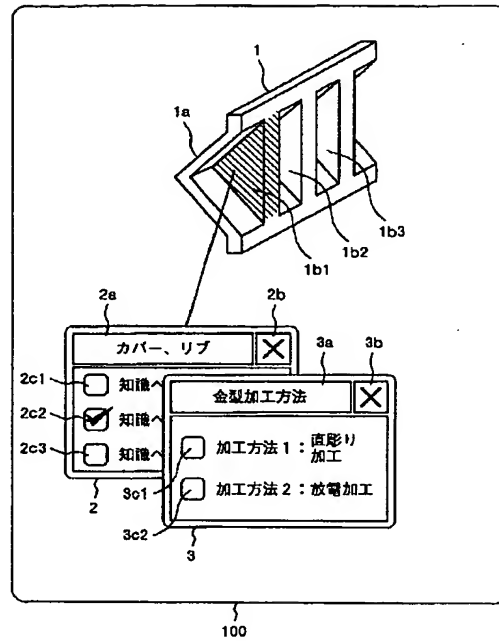
【図6】

図 6



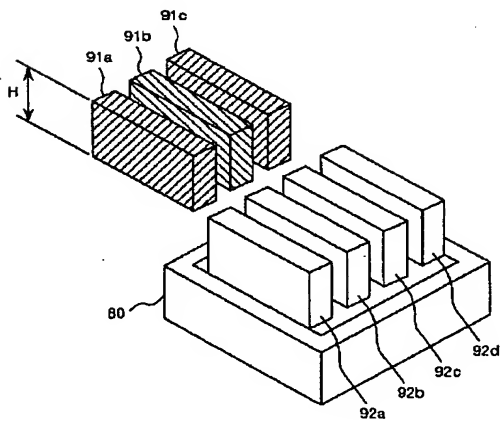
【図7】

図 7



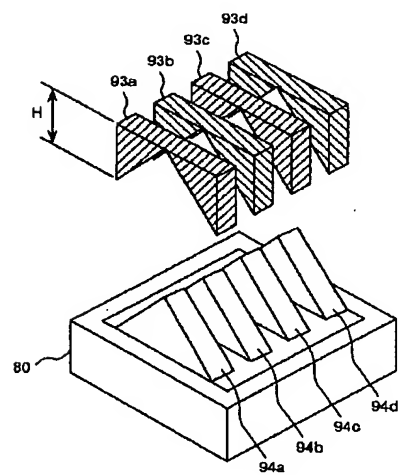
【図13】

図 13



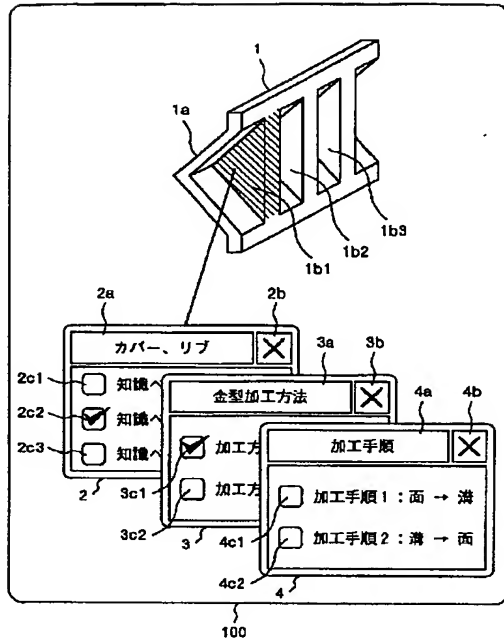
【図14】

図 14



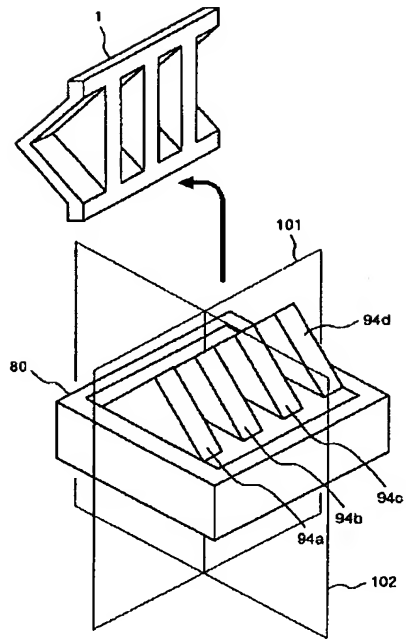
【図8】

図 8



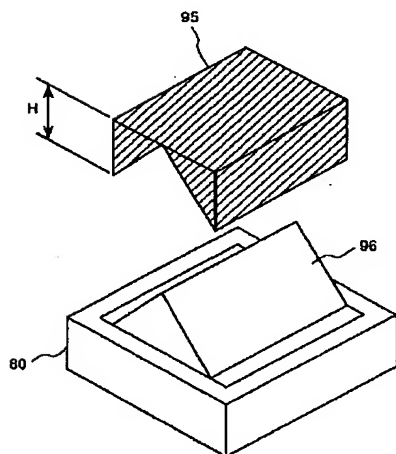
【図9】

図 9



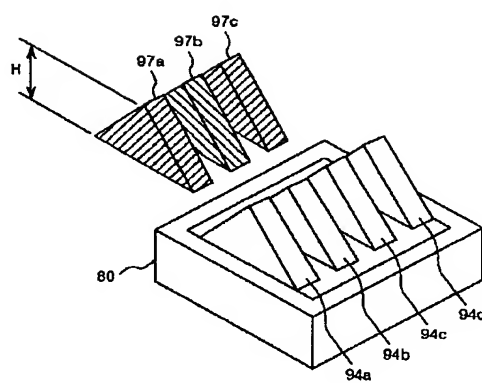
【図15】

図 15



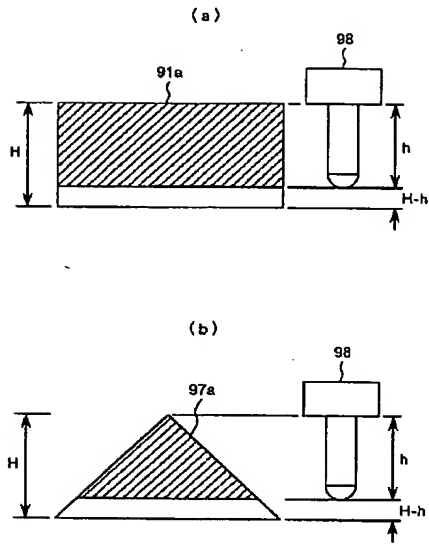
【図16】

図 16



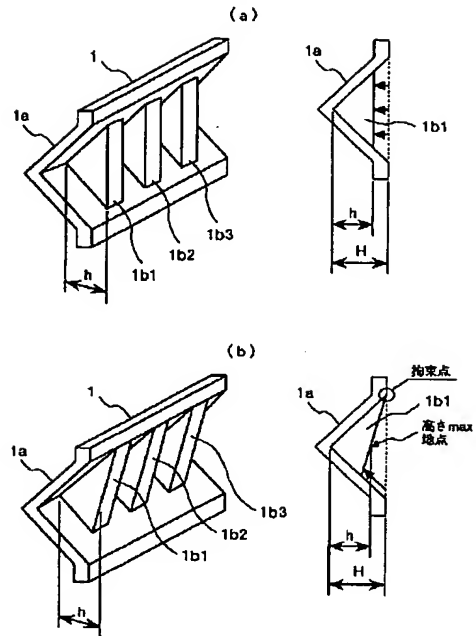
【図17】

図 17



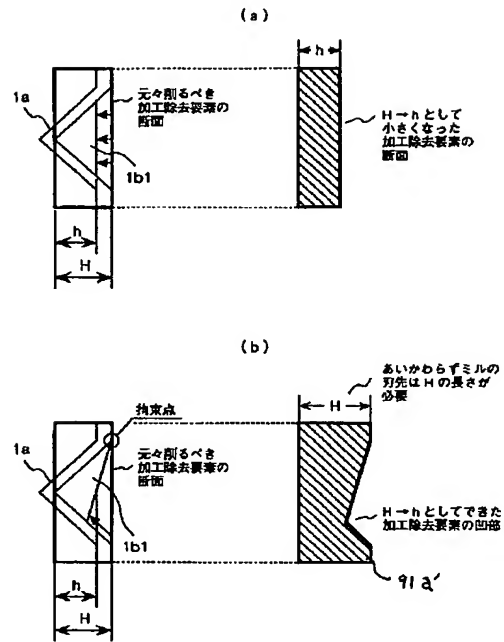
【図18】

図 18



【図19】

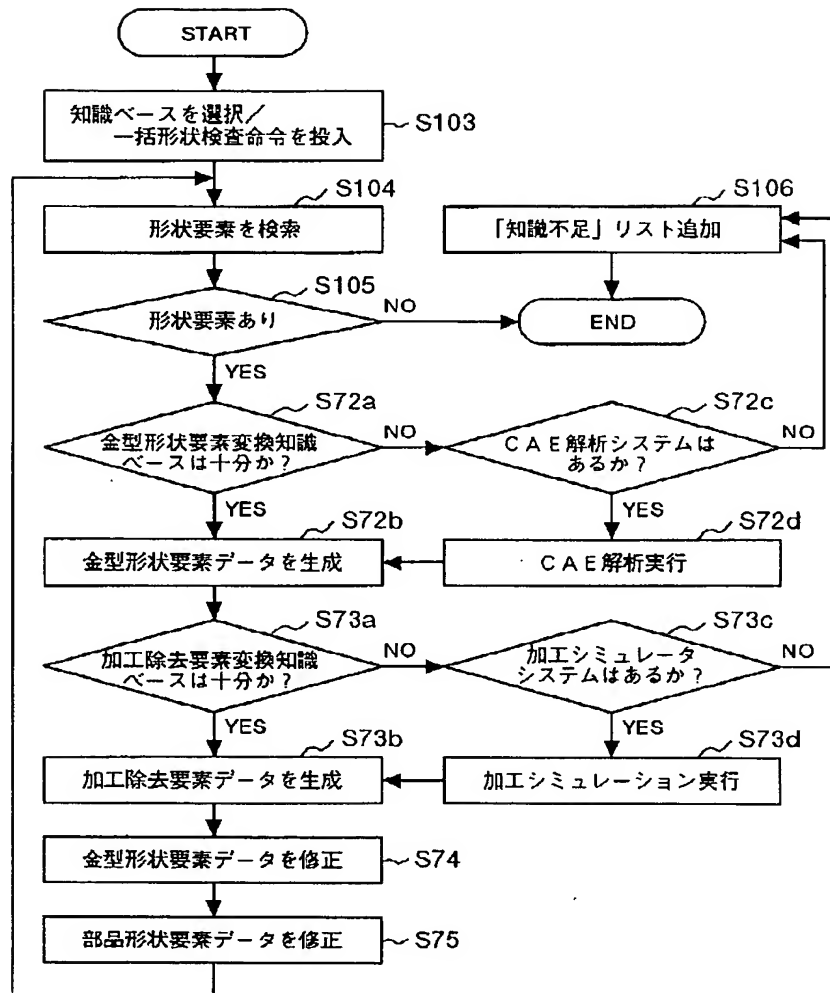
図 19





【図20】

図 20



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**